

# Koreksi Struktur Lapangan “LP” dengan Menggunakan Metode *Pre Stack Depth Migration* (PSDM)

Lina Purnawati, Eko Minarto

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: e.minarto@googlemail.com

**Abstrak**—Telah dilakukan penelitian terkait koreksi struktur lapangan “LP” dengan menggunakan metode *Pre Stack Depth Migration* (PSDM). Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengkoreksi citra bawah permukaan yang dihasilkan oleh proses PSDM, untuk mengetahui pengaruh pemodelan kecepatan dengan menggunakan *horizon based depth tomography* pada proses PSDM, serta untuk mengetahui manfaat dari metode PSDM *Common Reflection Angle Migration* (CRAM). Pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa Proses PSDM memberikan resolusi citra bawah permukaan yang lebih baik dibandingkan dari hasil proses *Pre Stack Time Migration* (PSTM) terbukti dengan adanya kemenerusan pola reflektor yang lebih jelas, dan PSDM mampu mengkoreksi efek pull up yang ada pada proses PSTM. Metode *horizon based depth tomography* merupakan metode yang tepat untuk menentukan model interval velocity. Metode ini mampu melakukan perbaikan terhadap model *interval velocity* yang sesuai untuk migrasi domain kedalaman PSDM. Hasil *interval velocity* yang baik dapat memberikan citra bawah permukaan yang lebih maksimal. Metode PSDM CRAM dapat mengatasi masalah imaging pada struktur yang kompleks sehingga metode PSDM CRAM ini dapat memberikan hasil citra bawah permukaan yang lebih baik karena menggunakan konsep *multipath*.

**Kata Kunci**—*Common Reflection Angle Migration* (CRAM), *Constrain Velocity Inversion* (CVI), *horizon based depth tomography*, *Pre Stack Depth Migration* (PSDM), *Pre Stack Time Migration* (PSTM).

## I. PENDAHULUAN

Metode seismik refleksi memberikan kontribusi besar dalam kegiatan eksplorasi seismik. Hal ini disebabkan metode ini mempunyai ketepatan serta resolusi yang tinggi dalam memodelkan struktur geologi dibawah permukaan bumi. Metode ini dapat menentukan titik pemboran dan menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan *success ratio* pemboran menurut[1]. Pada daerah penelitian ini merupakan lapisan karbonat yang sangat kompleks, terdapat anomali efek *pull up* dan ketidakmenerusan reflektor, selain itu terdapat banyak sekali *event-event* seismik yang perlu dilakukan analisa secara mendetail.

Untuk mendapatkan gambar struktur bawah permukaan yang sebenarnya maka dilakukan pengolahan data seismik. Pengolahan data seismik dilakukan karena hasil data akuisisi di lapangan masih banyak di pengaruhi oleh *noise* dan belum menggambarkan struktur geologi bawah permukaan yang sebenarnya sehingga perlu dilakukan teknik-teknik *processing* data seismik yang lebih akurat[2]. Migrasi merupakan proses untuk

memindahkan kedudukan reflektor pada posisi dan waktu pantul yang sebenarnya[3]. Migrasi berdasarkan tipenya dibagi menjadi migrasi sebelum *stack* (*pre stack migration*) dan migrasi sesudah *stack* (*post stack migration*). *Post stack migration* dan *pre stack migration* dapat dilakukan dengan domain waktu dan kedalaman[4].

## Gelombang Seismik

Secara konsep dasar metode seismik adalah sebuah metode yang mengirimkan sebuah sinyal gelombang seismik kedalam bumi, gelombang seismik juga termasuk kedalam gelombang mekanik dimana memerlukan medium untuk perambatannya. Gelombang seismik membawa informasi mengenai lithologi bawah permukaan dalam bentuk waktu tempuh (*travel time*), amplitudo gelombang frekuensi, dan fase gelombang. Waktu datang gelombang pantul akan memberikan informasi kecepatan rambat gelombang (*velocity*), penjalaran gelombang seismik didalam bumi dapat digunakan untuk mendeteksi dan menggambarkan kondisi bawah permukaan (*subsurface*). Gelombang seismik merambat melewati batuan sebagai gelombang elastik yang berosilasi pada partikel-partikel medium akibat adanya interaksi antara gaya seperti: gaya tekanan (*stress*) yang melawan gaya-gaya elastik.

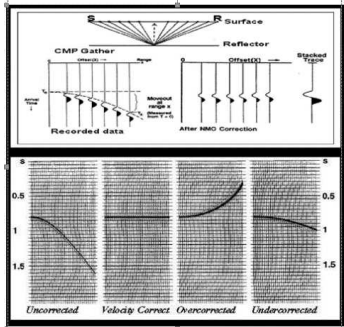
## Common Depth Point (CDP) Gathering

*Common Depth Point* (CDP) didefinisikan sebagai jejak gelombang (*trace*) yang digabungkan, yang mana memiliki koresponden refleksi bawah permukaan (*subsurface*) yang sama tapi memiliki perbedaan terhadap jarak. Menurut[5], alasan utama dilakukan *Common Depth Point* (CDP) *Gathering* untuk meningkatkan sinyal dan meminimalisir *noise* (S/N ratio), karena ketika jejak gelombang (*trace*) digabung atau dijumlahkan sinyal dapat ditingkatkan dimana *noise* acak dapat dihilangkan. Sebelum dilakukan *stacking*, jejak gelombang (*trace*) terlebih dahulu dilakukan proses koreksi NMO (*Normal Move Out*) atau DMO (*Dip Move Out*) agar jejak gelombang (*trace*) kedalam posisi yang sebenarnya. Sedangkan menurut[6].

## Koreksi Normal Move Out (NMO) dan Dip Move Out (DMO)

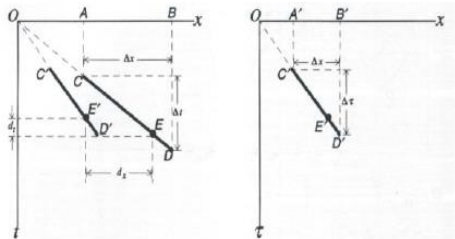
Koreksi *Normal Move Out* (NMO) berfungsi menghilangkan pengaruh jarak (*offset*) terhadap waktu penjalaran gelombang seperti pada Gambar 1. Sedangkan *Dip Move Out* (DMO) adalah sebuah proses yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh kemiringan reflektor pada kecepatan *stacking*. Koreksi DMO akan menghasilkan *output* CDP *gather* yang mempunyai kurva horizon yang hiperbolik dan analisa kecepatan

yang diturunkan dari *output* tersebut akan menghasilkan kecepatan yang lebih rendah[7].



**Gambar 1.** Koreksi NMO dengan variasi kecepatan[7]

**Migrasi**  
Migrasi adalah suatu proses yang berfungsi untuk menghilangkan efek dari penjaralan gelombang pada data seismik. Data seismik merupakan data hasil perekaman yang dihasilkan sebagai akibat dari penjaralan gelombang yang melalui bawah permukaan. Terdapat beberapa macam metode migrasi dalam pengolahan data seismik yaitu: *Kirchoff migration*, *Finite Difference migration*, *Frequency wavenumber migration*, dan *Frequency space migration*[7].



**Gambar 2.** Simulasi penghilangan efek mispositioning karena reflektor yang miring[8].

#### **Pre Stack Time Migration (PSTM)**

*Pre Stack Time Migration* (PSTM) merupakan teknik migrasi data seismik yang diterapkan sebelum proses stacking. Dibandingkan dengan *Post Stack Time Migration*, *Pre Stack Time Migration* memberikan hasil yang lebih baik terutama untuk didalam pencitraan struktur yang cukup kompleks seperti *conflicting dips structure* dan pengurangan energi dari titik refleksi akibat *side swipe*. Metodologi yang biasa diterapkan untuk melakukan PSTM adalah: **pertama**, melakukan Konvolusi dengan *elliptical impulse response*, **kedua** melakukan penjumlahan disepanjang *diffraction response curve* (*Kirchoff migration*). Untuk metodologi yang pertama, data seismik disortir kedalam domain *common-offset*. Selanjutnya data tersebut dikonvolusikan dengan *elliptical impulse*, dikarenakan PSTM biasanya memiliki variasi kecepatan yang *smooth*, maka *residual* (NMO) *corection* diterapkan setelah NMO yang utama.

#### **Pre Stack Depth Migration (PSDM)**

*Pre Stack Depth Migration* (PSDM) merupakan teknik migrasi sebelum *stack* dengan variasi kecepatan medium sangat kompleks seperti *thrust belt*, zona di sekitar karbonat (*reef*), kubah garam (*salt dome*), dan sebagainya. Yang membedakan *time migration* dan *depth migration* bukan karena masalah domain waktu atau domain kedalaman tetapi model kecepatan yang digunakan. *Time migration* memiliki variasi kecepatan yang *smooth* dan *depth migration* memiliki kecepatan yang kompleks[6].

#### **Common Reflection Angle Migration (CRAM)**

*Common Reflection Angle Migration* (CRAM) merupakan migrasi *multi-arrival*, migrasi yang bekerja berdasarkan *ray tracing*, menggunakan seluruh bagian gelombang dalam *aperture* yang terkontrol. Tidak seperti metode konvensional, *ray tracing* pada kasus ini *ray tracing* dilakukan dari titik *imaging* (dari segala arah, termasuk *turning rays*) naik menuju permukaan, membentuk suatu system yang berfungsi memetakan rekaman data seismik dipermukaan menjadi sesuatu yang dikenal sebagai *Local Angle Domain* (LAD) pada titik *imaging*[9]. Prosedur ini bekerja berdasarkan iluminasi yang uniform dari segala arah pada titik *image*, memastikan bahwa semua sinar datan akan menjadi bahan perhitungan sementara amplitude sebenarnya[10].

#### **Update Model kecepatan**

##### **a) Analisis residual moveout**

Analisis kecepatan yang dilakukan karena pemodelan kecepatan sebelumnya belum tepat. Kecepatan yang belum tepat disini dapat dilihat pada hasil *gather* yang belum lurus, masih terdapat *gather* yang melengkung keatas maupun ke bawah karena kecepatannya masih terlalu tinggi ataupun terlalu rendah. Untuk itu perlu dilakukan analisis *residual moveout* agar menghasilkan *gather* yang lebih lurus. Dengan menggunakan metode *semblance* untuk melakukan *residual moveout*. Ketika *semblance* tidak berada pada *zero depth-error* artinya masih terdapat kesalahan dalam penentuan kecepatan.

##### **b) Model Horizon Based Tomography**

Model kecepatan awal yang diperoleh dari *tranformasi interval velocity* digunakan untuk melakukan proses PSDM. Pendekatan *layer stripping* dalam *tranformasi interval velocity* seringkali menghasilkan akumulasi *error* pada lapisan yang lebih dalam bila pada lapisan di atasnya tidak tepat, sehingga akan menghasilkan *error* waktu tempuh. Untuk itu dilakukan perbaikan (*refinining*) model secara iteratif yang disebut global tomografi, karena perubahan parameter model kecepatan dan kedalaman dilakukan secara simultan tidak berdasarkan pendekatan *layer stripping*. Pada studi yang telah dilakukan biasa digunakan *horizon based tomography* dimana model kecepatan interval dari *tranformasi interval velocity* dan *residual moveout CRP depth gather* sebagai data masukannya. Model kedalaman diperbaiki secara iteratif dengan memodifikasi *interface* kedalaman dan kecepatan lapisan untuk membuat *gather* menjadi datar. Dengan *ray tracing*, *error* dari tiap lapisan digunakan untuk membuat matriks tomografi sepanjang lintasan gelombang. *Error* dari tiap lapisan diselesaikan secara simultan menggunakan metode *least square* untuk meminimalisasi kesalahan waktu tempuh yang melewati seluruh model[11].

##### **Constrained Velocity Inversion (CVI)**

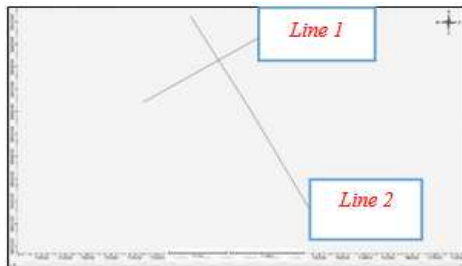
*Constrained Velocity Inversion* (CVI) merupakan parameter *velocity modeling* untuk menghasilkan kecepatan *interval* yang mendekati kecepatan sebenarnya. Dengan metode CVI, *velocity modeling* yang dihasilkan lebih *smooth*, lebih bagus, dan lebih mendetail untuk hasil penampangnya[12]. Metode CVI menghitung kecepatan di setiap *horizon* sehingga dari metode *transformasi* CVI ini menghasilkan penampang yang lebih mendetail untuk setiap *horizon*nya. Metode CVI

menentukan *interval velocity* dari hasil *pick* kecepatan *stacking* yang biasanya sebagai fungsi *two way travel time* (TWT) dengan fungsi kecepatan interval yang terbatas dan lebih *smooth*. *Damped least squares* digunakan untuk meminimalisir nilai *error* pada kecepatan hasil *picking* sehingga akan diperoleh hasil model awal kecepatan interval yang lebih stabil dan lebih *smooth*[13].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Data dan Alat

Data yang digunakan adalah data 2D dengan 2 *line* yaitu *line 1*, dan *line 2* seperti yang terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Base map data line 1 dan line 2

Metode *horizon based depth tomography* untuk mengidentifikasi struktur pada lapangan “x” 2D *pre stack depth migration* (PSDM) *common reflection angle migration* (CRAM) menggunakan perangkat keras meliputi CPU (*Central Processing Unit*), computer 2 layar (30 inci) dengan system operasi linux (*read head*) milik perusahaan PT. PERTAMINA UTC (*Upstream Technology Center*). Aplikasi perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah aplikasi (*software*) *Paradigm 2011.3 Epos 4.1 Management*.

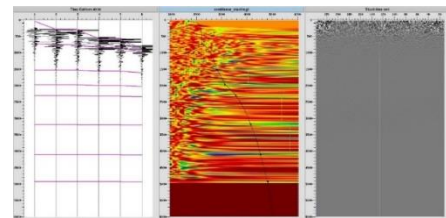
### B. Alur Kerja (work flow)

Pada penelitian ini dimulai dari proses analisa kecepatan *picking semblance* untuk memperoleh nilai kecepatan RMS (*root mean square*) yang digunakan sebagai *input* proses PSTM sehingga diperoleh PSTM gather dan PSTM section, kemudian dilakukan *picking domain time* untuk memperoleh *Vrms* baru sehingga dilakukan *running* PSTM *final*. Selanjutnya dilakukan transformasi kecepatan dari *Vrms* menjadi *Vinterval*, dimana kecepatan interval ini merupakan *input* dari metode PSDM. Setelah diperoleh nilai kecepatan interval dilakukan proses PSDM *common reflection angle migration* (CRAM) awal, hasil dari proses ini kemudian dilakukan interpretasi *horizon* untuk pemodelan nilai kecepatan interval dengan menggunakan metode *horizon based depth tomography*. Pada proses pemodelan kecepatan ini dilakukan analisis *residual moveout* untuk mendapatkan nilai *error residual moveout* yang mendekati nol agar *velocity interval* yang dihasilkan benar-benar akurat dan mendekati nilai kecepatan interval yang sebenarnya, pada proses ini dilakukan iterasi untuk mendapatkan nilai kecepatan interval terbaik dan terakurat. Setelah diperoleh nilai kecepatan interval baru, selanjutnya dilakukan proses PSDM *final* sehingga diperoleh hasil berupa PSDM *gather* dan PSDM *section*. Dari hasil masing-masing metode dilakukan interpretasi dan dilakukan perbandingan.

## III. HASIL DAN DISKUSI

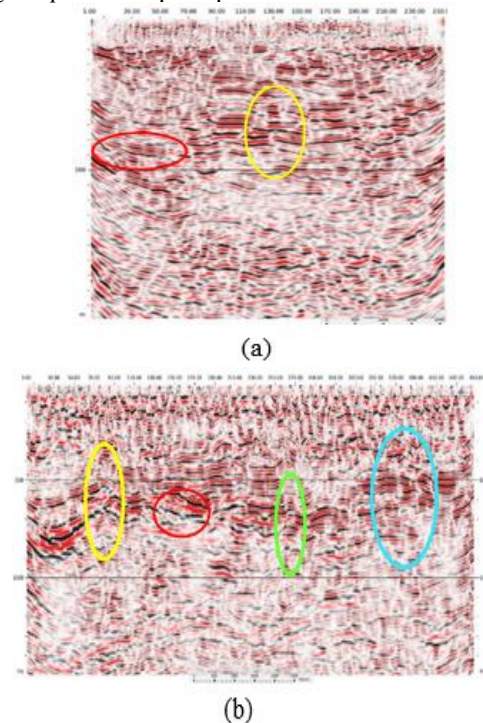
### A. Pre Stack Time Migration (PSTM)

*Pre Stack Time Migration* (PSTM) merupakan teknik migrasi data seismik yang diterapkan sebelum proses *stacking*. Dari pada *post stack*, *pre stack* lebih memberikan hasil yang lebih baik terutama untuk pencitraan struktur yang cukup kompleks. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan metode PSTM dengan menggunakan input berupa *time gather* dan kemudian dilakukan proses analisa kecepatan *stack* atau model awal kecepatan bawah permukaan. Untuk menghasilkan model kecepatan *stack* dilakukan proses *semblance stacking* dan koreksi NMO yang dilakukan di setiap 10 CDP untuk *line 1* total CDP sejumlah 250 dan pada *line 2* sejumlah 450 CDP.



**Gambar 4.** Contoh *picking semblance stacking*

Dari hasil *semblance stacking* ini yang akan digunakan sebagai *input* *Vrms* pada proses PSTM.



**Gambar 5.** Hasil penampang yang dihasilkan dari proses *Pre Stack Time Migration* (PSTM) untuk gambar (a) *line 1* dan untuk gambar (b) *line 2*

Terlihat hasil dari proses PSTM, reflektor-reflektor yang cukup jelas tetapi masih lebih banyak noise. Lapisan tiap horizon belum terlihat jelas hanya terdapat beberapa lapisan yang muncul sehingga sulit untuk diinterpretasikan. Terdapat efek *pull up* pada gambar (b) di dalam lingkaran warna kuning disebabkan oleh perbedaan kecepatan yang cukup besar pada *shale* dan karbonat, karena adanya perbedaan kecepatan secara lateral yang cukup besar mengakibatkan terjadinya kesalahan dalam pembuatan model kecepatan sehingga penampang yang dihasilkan tidak akurat.



## B. Pre Stack Depth Migration (PSDM)

### 1) Constrained Velocity Inversion (CVI)

Transformasi kecepatan dari  $V_{rms}$  to  $V_{interval}$  untuk data input PSDM. Pada tahap ini menggunakan metode *Constrained Velocity Inversion* (CVI),

### 2) Pre Stack Depth Migration (PSDM) awal

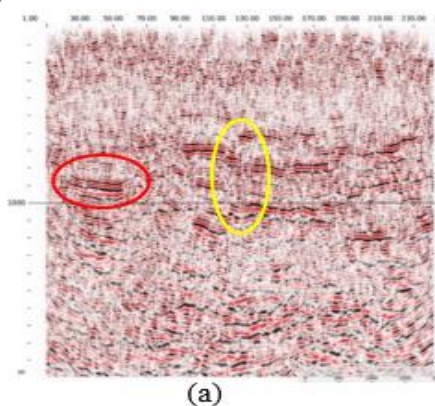
Pada tahapan ini menggunakan data input berupa *time gather* dan kecepatan *interval* yang diperoleh dari metode *Constrained Velocity Interval* (CVI) dimana pemodelan kecepatan yang dihasilkan lebih *smooth*, dan lebih baik. Metode migrasi ini menggunakan *Common Reflection Angle Migration* (CRAM), migrasi ini merupakan salah satu teknik migrasi yang berdasarkan konsep *multi-arrival* bekerja berdasarkan *ray tracing* menggunakan seluruh bagian gelombang dalam *aperture* yang terkontrol pada penelitian tugas akhir ini menggunakan nilai *full aperture*. Migrasi CRAM ini menghasilkan penampang yang lebih bagus dan lebih jelas karena menggunakan analisis sudut kemiringan dari *reflektor-reflektor* pada gelombang. Dapat dilihat hasil dari migrasi CRAM memiliki kualitas data (rasio S/N) yang lebih baik, hal ini disebabkan *spatial sampling* yang uniform pada dimensi sudut dibandingkan dengan *spatial sampling* pada dimensi offset yang pada umumnya *irregular*.

### 3) Perbaikan Model Kecepatan Interval Menggunakan Metode Horizon Based Depth Tomography

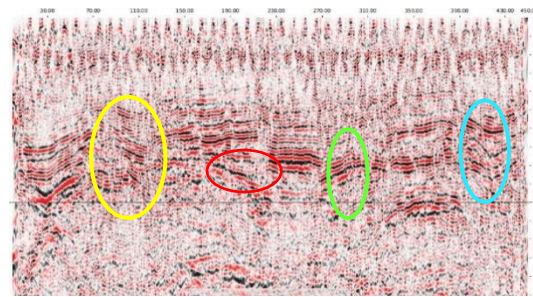
Metode pemodelan kecepatan interval dengan menggunakan *Constrained Velocity Interval* (CVI) bukan merupakan model kecepatan yang sebenarnya, karena masih belum terlihat baik pada penampang yang dihasilkan yang sangat mempengaruhi hasil interpretasi. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan pemodelan kecepatan yang lebih akurat, metode yang digunakan untuk memperbaiki model kecepatan interval adalah *horizon based tomography* untuk mendapatkan nilai *error residual depth move out* yang mendekati nol, pada proses pemodelan kecepatan interval ini dilakukan iterasi tak berhingga sampai diperoleh pemodelan kecepatan interval yang benar-benar optimal di setiap lapisannya.

### 4) Pre Stack Depth Migration (PSDM) Final

Dapat dilihat dari hasil proses migrasi ini, Nampak *reflektor-reflektor* miring yang lebih terlihat jelas dari hasil proses sebelumnya, di sini lah letak kelebihan dari migrasi CRAM yang bekerja berdasarkan *angle* di setiap *horizon*



(a)



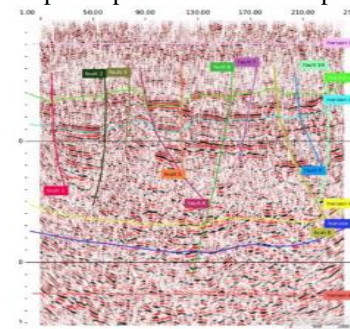
(b)

**Gambar 6.** Hasil dari proses *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) line 1 (a) line 2 (b)

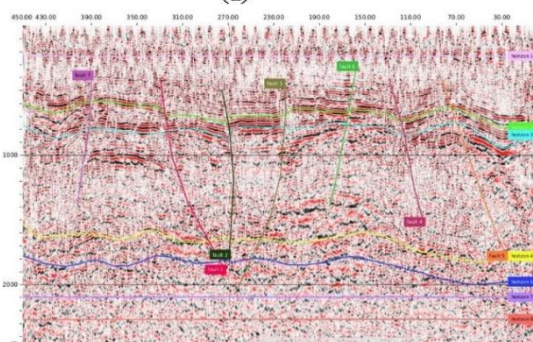
Dari hasil proses *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) dapat dilakukan analisa bahwa, lapisan tiap *horizon* terlihat lebih jelas terdapat perbaikan *reflektor* yang signifikan, lebih bersih dari *noise*, *reflektor-reflektor* terlihat lebih mendetail serta efek *pull up* sudah tidak terlihat disini. Pada hasil proses PSDM, efek *pull up* lebih terlihat landai dan terlihat jelas lapisan-lapisannya. *Signal to noise ratio* (S/N) pada penampang PSDM lebih tinggi daripada PSTM, hal ini sangat terlihat pada penampang PSDM yang dapat memberikan kemenerusan citra *reflektor* yang lebih jelas dan bersih dari *noise*, dan *positioning* yang baik. Hal ini merupakan kelebihan dari metode PSDM, dimana PSDM dapat mempermudah dalam tahap interpretasi dan memberikan hasil yang menjanjikan dalam eksplorasi minyak bumi.

### 3.3 Interpretasi hasil *pre stack depth migration* (PSDM)

Dari hasil proses *pre stack depth migration* (PSDM) dilakukan tahap interpretasi citra bawah permukaan



(a)



(b)

**Gambar 7.** Interpretasi hasil proses *pre stack depth migration* (PSDM)

Dari hasil-hasil yang diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa PSDM CRAM memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan algoritma *Kirchhoff* pada metode PSTM. Perbedaan ini terletak pada *raypath* dimana pada algoritma *Kirchhoff* hanya menggunakan *single raypath*, sedangkan pada PSDM CRAM menggunakan *multipath*. *Multipath* yang

dimaksud adalah sinar-sinar yang perlu diikuti sertakan dalam perhitungan *travel time* dari titik *image* dibawah permukaan menuju penerima dipermukaan diantaranya sinar yang dari sumber langsung menuju target reflektor kemudian kembali ke penerima, sinar yang terefleksikan dari reflektor, dan sinar yang terefraksikan dari reflektor.

Pentingnya memasukkan sinar-sinar tersebut ke perhitungan adalah sinar refleksi yang langsung dan memiliki sudut tangensial akan saling berinterferensi yang bersifat destruktif disebabkan keduanya memiliki nilai amplitude yang relative sebanding. Hal ini telah dibuktikan dalam suatu experiment dan perhitungan dengan menggunakan bidang planar yang terletak diantara medium dengan kecepatan rendah dan tinggi. Pada dasarnya penyebabnya adalah untuk setiap titik *image*, kemiringan dan sudut refleksi, *raypath* dari sumber dan penerima menuju titik *image* didefinisikan secara unik, terjadi karena pendekatan *multipath* dilakukan pada dimensi *common offset*. Hal ini menyebabkan metode CRAM dapat menghasilkan suatu sistem yang sangat baik dalam menghasilkan *image* pada dimensi kedalaman, walaupun *gather* yang dihasilkan dalam dimensi sudut. Sistem ini memiliki kemampuan untuk mengekstrak suatu informasi dengan resolusi yang baik mengenai model bawah permukaan. Baik pada objek yang memiliki struktur yang menerus hingga ke permukaan dan objek-objek dengan skala kecil, seperti rekahan, patahan sehingga keberadaannya masih dapat terdeteksi, walaupun terletak dibawah struktur geologi yang kompleks. Sehingga tujuan dari penelitian tugas akhir ini sudah tercapai.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Proses *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) memberikan citra bawah permukaan yang lebih baik dibandingkan dari hasil proses *Pre Stack Time Migration* (PSTM) terbukti dengan adanya kemenerusan dan pola reflektor yang lebih jelas, dan dapat menghilangkan efek *pull up* pada proses PSTM) serta menghasilkan resolusi citra bawah permukaan yang lebih baik.
- Metode *horizon based depth tomography* merupakan metode yang sesuai untuk menentukan model *interval velocity*. Metode ini mampu melakukan perbaikan terhadap model *interval velocity* yang sesuai untuk migrasi domain kedalaman *Pre Stack Depth Migration* (PSDM). Hasil *interval velocity* yang baik dapat memberikan citra bawah permukaan yang lebih maksimal.
- Metode *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) *common Reflection Angle Migration* (CRAM) dapat mengatasi masalah *imaging* pada struktur yang kompleks sehingga metode PSDM CRAM ini dapat memberikan hasil citra bawah permukaan yang lebih baik karena menggunakan konsep *multipath*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Pertamina UTC yang telah menyediakan fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. Khususnya Bapak Bambang Mujihardi yang telah membimbing

penulis hingga terselesaikannya penelitian ini. Bapak Suherman yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di PT. Pertamina UTC. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada Dr.rer.nat Eko Minarto S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing, Karena atas bimbingannya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priyono, A. 2006. Diktat Kuliah Metode Seismik I. Departemen Teknik Geofisika. Institut Teknologi Bandung: Bandung
- [2] Koren, Z, X. Sheng, and D. Kosloff, 2002, *Target-Oriented Common-Reflection Angle Migration: Presented at the 72<sup>nd</sup> Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts*
- [3] Hira Nasmy. 2011. Inversi Lambda Mu Rho untuk Memetakan Penyebaran Litologi dan Hidrokarbon pada Formasi manggala Lapangan "X4" Cekungan Sumatera Tengah. FMIPA-UI
- [4] Yilmaz, Ozdogan. 1987. *Seismic Data Processing*. Society Exploration Geophysics.
- [5] Shroor, M. 2010. *Geology and Geophysics in osl Exploration*. <http://www.arab-eng.org/vb/t187132.html>(diunduh: 5 Maret 2014).
- [6] Adhiputra, Kurniawan. 2011. Migrasi *Pre Stack* Dimensi Kedalaman Untuk Pencitraan Struktur Komplek Dengan Algoritma *Local Angle Domain*. Jakarta: Universitas Indonesia
- [7] Yilmaz, O. 2001. *Seismic Data Analysis Volume 1 2<sup>nd</sup> ed.* Society of Exploration Geophysics. Tulsa.
- [8] Kurniawan, A. 2012. Studi Pencitraan Struktur Bawah Permukaan Bumi Menggunakan Metode *Pre Stack Depth Migration* (PSDM) pada lintasan AK-213 di Daerah Jawa Timur Bagian Utara. Skripsi: Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [9] Koren, Z, I. Ravve, A. Bartana, and D.Kosloff,. 2007. *Local Angle Domain in Seismic Imaging: Presented at the 69<sup>th</sup> Annual International Conference and Exhibition*.
- [10] Dean K. Clark, Maheswara Phani Babu. 2016. *Common Reflection Angle Migration (CRAM) for Improved Input to Reservoir Description-an example from offshore India*. Paradigm: K.Neogi, Deepak Sareen, ONGC.
- [11] Mualimin, Hisan, R.S, Djoko, S.B, Sumahardi, B. 2004, *Velocity Model Building* pada *Pre Stack Depth Migration*. (Pencitraan pada Struktur yang Kompleks). Prosicking PIT HAGI ke-29, Yogyakarta.
- [12] S.W.Fagin,U.Egozi, Model Based Depth Imaging, Society of Exploration Geophysicist, 1998
- [13] Zvi Koren and I gor Ravve.2005. *Constrained Velocity Inversion*. Paradigm Geophysical. SEG/Houston.